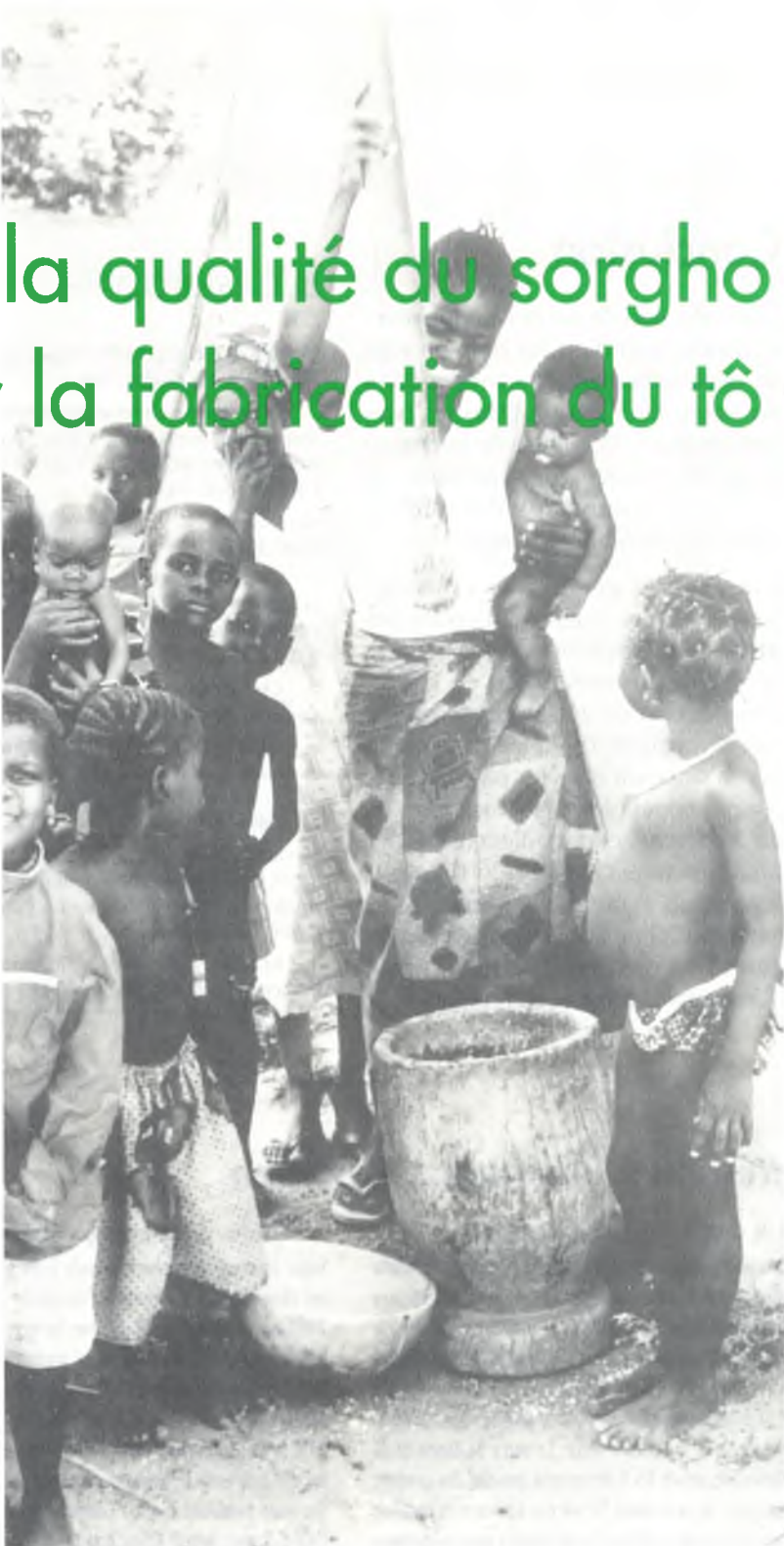


# Evaluation de la qualité du sorgho pour la fabrication du tô

Le tô est un plat traditionnel préparé en Afrique de l'Ouest à partir de farine de sorgho, de mil ou de maïs. Or, si les variétés améliorées de sorgho ont de bonnes caractéristiques agronomiques, leurs qualités technologiques et culinaires sont médiocres par rapport aux variétés locales. Un travail de recherche a été mené sur l'évaluation de ces qualités et leurs déterminants. Il permet aujourd'hui de prédire la valeur technologique des sorghos au cours de la sélection.

**L**e tô est une bouillie très épaisse, généralement consommée aux deux repas principaux, accompagné de sauce, de légumes et parfois de viande. Il peut être conservé toute la nuit et servi le lendemain matin, réchauffé ou non, avec du lait ou de la sauce.

Les qualités essentielles d'un bon tô sont d'abord sa consistance (c'est-à-dire sa texture, exprimée par la fermeté de la bouillie) et sa capacité de conservation, puis sa couleur et son goût (moins important car il est en



Pilage des grains de sorgho.

Cliché G. Fliedel

partie masqué par la sauce d'accompagnement). Ainsi, les familles africaines apprécient un tô ferme, non collant et de couleur claire, qui doit conserver sa texture pendant la nuit sans qu'il y ait exsudation d'eau en surface.

Selon ces critères, seules les variétés locales donnent un tô de ce type. Les cultivars améliorés sont plus productifs mais présentent le plus souvent des caractéristiques technologiques et culinaires médiocres. D'ailleurs, parmi les variétés de sorgho sélectionnées et proposées aux agriculteurs, très peu ont été vulgarisées avec succès.

G. FLIEDEL  
CIRAD-CA,  
BP 5035, 34032  
Montpellier Cedex 1,  
France.

Pour aider les sélectionneurs à développer des sorghos de qualités agronomiques et technologiques reconnues, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD, France) a mis au point un test de préparation du tô et d'évaluation de sa qualité en laboratoire. La manière dont le tô est fabriqué (c'est-à-dire les aspects technologiques) et certaines caractéristiques physico-chimiques des grains (fonction de la variété) ont une influence sur la consistance du tô.

## Préparation traditionnelle du tô

Le tô est fait traditionnellement à partir de grains de sorgho décortiqués puis broyés en farine dans un mortier avec un pilon (figure 1). La farine est toujours préparée juste avant de confectionner le tô, car une farine ancienne ne donne pas un bon tô<sup>1</sup>. Après tamisage pour éliminer les particules grossières, une petite partie de la farine est largement dispersée dans de l'eau froide (un tiers de farine et deux tiers d'eau) préalablement acidifiée avec du jus de citron ou de tamarin, ou alcalinisée avec de la potasse (cendres), selon les habitudes alimentaires.

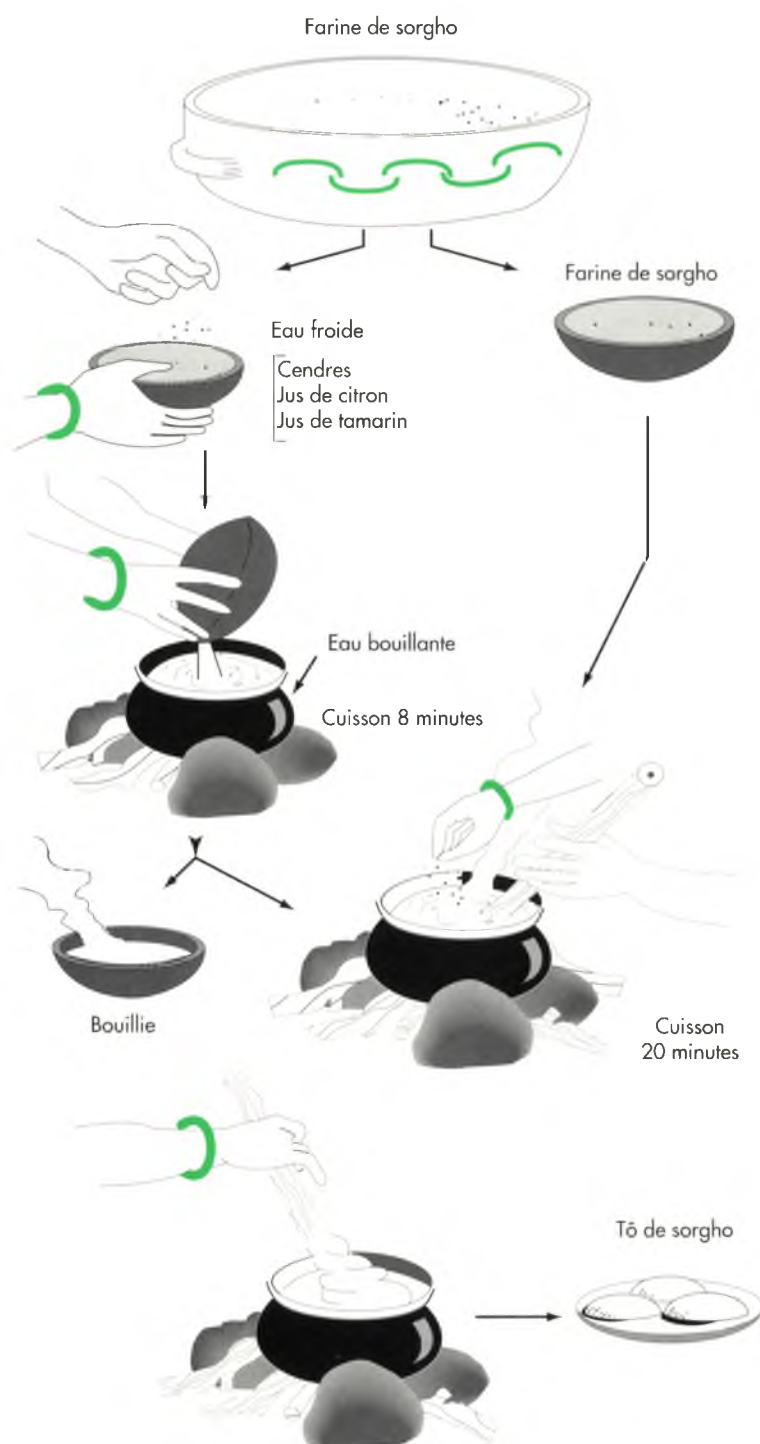


Figure 1. La méthode traditionnelle de préparation du tô.

Ce « lait de farine » est ensuite versé dans de l'eau bouillante. Après 5 à 8 minutes de cuisson, on obtient une bouillie légère dont une partie (environ un tiers) est mise de côté dans

Préparation traditionnelle du tô au Burkina, bouillie finale obtenue.

Cliché P. Ollitrault

1. La contrainte de préparation d'une farine « fraîche » et bien tamisée a des incidences importantes quant à une fabrication plus industrielle par exemple. Ainsi, les farines issues de minoteries ne sont pas appréciées car elles sont anciennes mais aussi de mauvaise qualité (trop de lipides et de son).



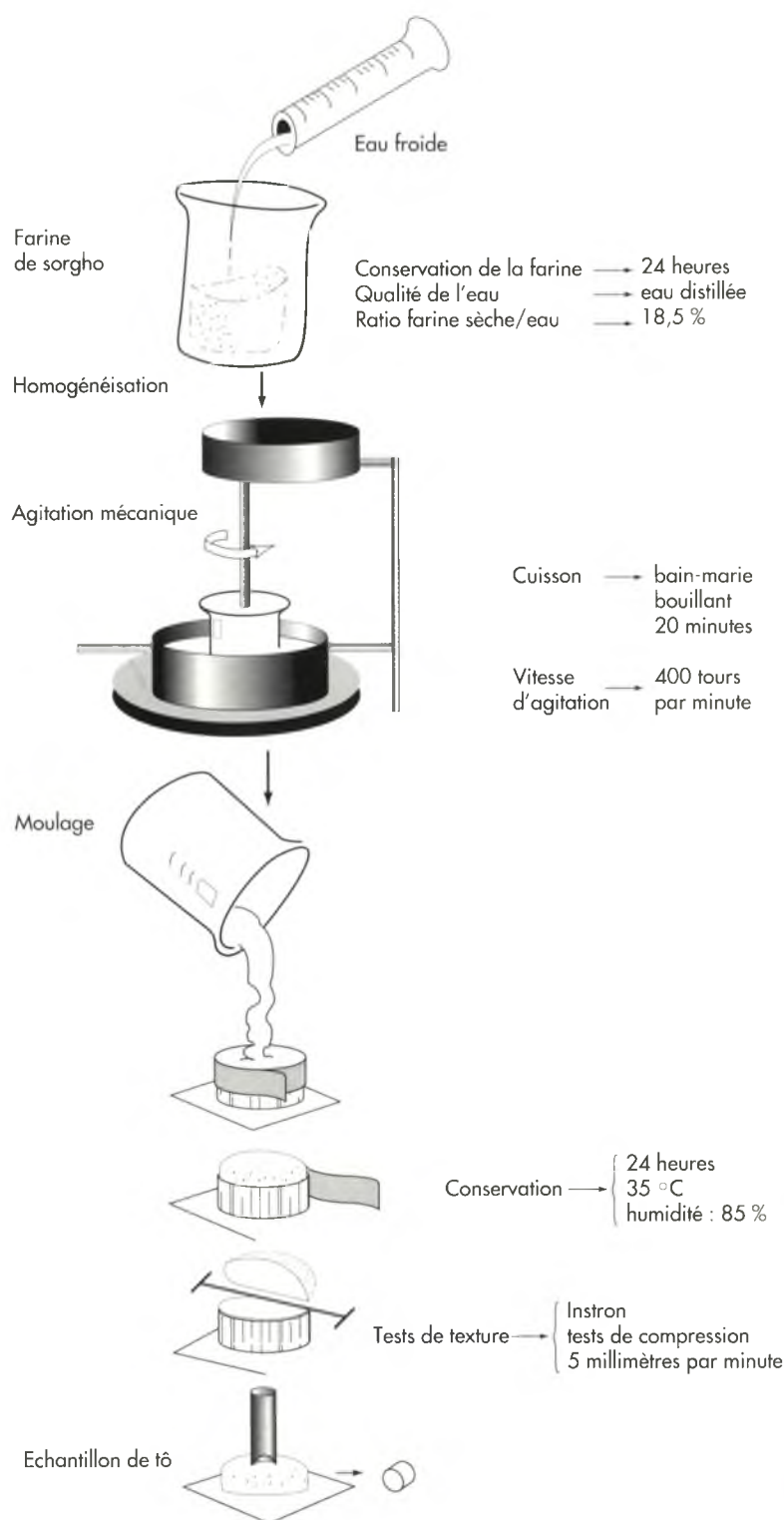


Figure 2. La préparation du tô en laboratoire.

une calebasse. La farine restante est ajoutée par poignées dans la marmite, tout en remuant vigoureusement avec une spatule en bois. La bouillie s'épaissit, sa texture devient très ferme, lisse, homogène et peut être rectifiée avec un peu de bouillie légère si elle est trop épaisse. Après 20 minutes de cuisson, le tô est prêt.

Test de compression  
d'un échantillon  
de tô, à l'Instron.  
Cliché T. Erwin

## Préparation et évaluation du tô en laboratoire

La méthode de laboratoire est proche de la technique traditionnelle mais elle permet de préparer des échantillons de tô à partir de petites quantités de grains, d'environ 10 grammes pour un échantillon (figure 2). Plusieurs paramètres ont été étudiés afin d'avoir une très bonne répétabilité et de pouvoir différencier les échantillons.

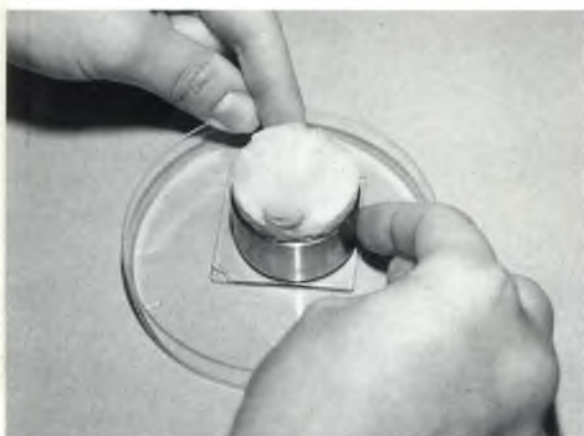
### La confection du tô

Les grains de sorgho sont d'abord décortiqués selon un rendement au décortiquage<sup>2</sup> constant d'environ 75-80 % afin d'annuler l'effet du décortiquage sur la consistance du tô. On utilise le décortiqueur de laboratoire TADD.

Ensuite, la farine est obtenue après broyage des grains décortiqués dans le broyeur à hélices Cyclotec, muni d'une grille de

2. Le rendement au décortiquage est le pourcentage de la masse des grains décortiqués par rapport aux grains entiers pesés au départ.





La préparation  
du p $\hat{a}$ ton de tô  
au laboratoire.  
Cliché G. Fliedel

500 micromètres ( $\mu\text{m}$ ). La granulométrie obtenue est fine, homogène, d'environ 75-100  $\mu\text{m}$ .

Ces deux opérations sont effectuées la veille (24 heures) car, en laboratoire, on note une nette diminution de la consistance du tô avec le temps de stockage de la farine, même au froid (4 °C).

La farine est alors dispersée dans un b $\acute{e}$ cher en inox avec 90 millilitres d'eau distillée, soit 16,6 grammes de farine à 11,5 % d'humidité.

La bouillie est enfin cuite dans un bain-marie bouillant pendant 20 minutes sous agitation mécanique (hélice tournant à 400 tours par minute). Dans ces conditions, la texture reste homogène, sans formation de grumeaux tout au long de la cuisson.

Après cuisson, le tô est immédiatement coulé dans deux cylindres en inox (2 centimètres de haut et 4 centimètres de diamètre) posés chacun sur une plaque de verre et rehaussés de 0,5 centimètre par une bande adhésive. Il est alors stocké pendant une vingtaine d'heures dans une étuve à 35 °C et 85 % d'humidité relative pour limiter la déshydratation des p $\hat{a}$ tons en surface. Après stockage, la bande adhésive est enlevée et le surplus de tô décapité avec un fil de pêche. Un emporte-pièce permet d'obtenir un échantillon de tô aux dimensions constantes de 3 centimètres de diamètre et 2 centimètres de haut.

## L'évaluation de la texture

La texture de l'échantillon de tô est mesurée avec une machine universelle de traction compression Instron (type 4 300) en effectuant des tests de compression de l'échantillon

entre une plaque et un piston préalablement enduits d'huile de paraffine. La force de résistance à la compression (en newtons) est enregistrée au cours de la progression du piston (5 millimètres par minute). La force nécessaire pour rompre l'échantillon a été choisie comme mesure de la texture du tô, car elle permet une meilleure différenciation entre échantillons (figure 3). Deux cuissons sont réalisées par variété et deux cylindres de tô sont coulés par cuisson, soit 4 répétitions pour l'évaluation de la texture. Avec cette méthode, deux variétés dont la fermeté du tô diffère de 1 newton seulement sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Cette méthode précise et répétable a été utilisée pour tester un grand nombre de cultivars en sélection et de variétés locales. Une échelle d'évaluation de la qualité du tô de sorgho a été ainsi établie (tableau 1).

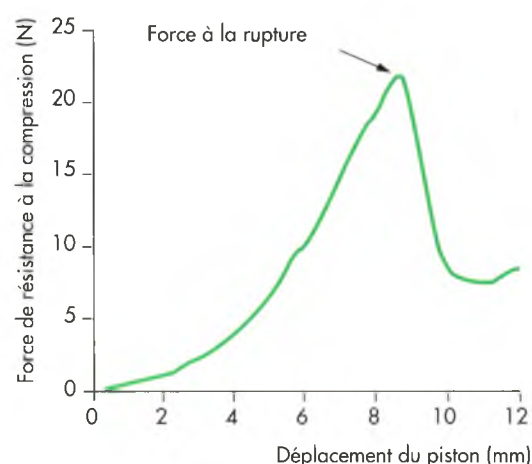


Figure 3. Courbe du test de compression (à l'Instron) d'un échantillon de tô entre un piston et une plaque (vitesse : 5 millimètres par minute).

Tableau 1. Echelle d'évaluation de la qualité du tô de sorgho.

Force à la rupture (newtons)	Texture du tô	Qualité du tô
< 10	très mou	très mauvaise
10-12	mou	mauvaise
12-15	acceptable	acceptable
15-18	ferme	bonne
> 18	très ferme	excellente

## L'influence des caractéristiques technologiques

La consistance du tô apparaît dépendante de la façon dont les grains sont décortiqués et de la finesse de broyage de la farine.

### Le décortiquage des grains

Deux variétés françaises et vingt variétés tropicales (locales ou améliorées) ont été analysées par rapport aux modalités de décortiquage.

#### Un effet important du décortiquage

Les deux variétés françaises, disponibles en grande quantité et de duretés différentes (mesurée par la méthode de PSI, *Particule Size Index*), ont été décortiquées progressivement jusqu'à 19 minutes, puis les farines ont servi à la fabrication du tô.

Le décortiquage a une forte influence sur la consistance du tô (figure 4). Plus le grain est abrasé, plus la fermeté de la bouillie augmente, jusqu'à un palier atteint à partir de 11 minutes de décortiquage (correspondant à un rendement au décortiquage d'environ 70 %). Cinq temps de décortiquage sont significativement différents au seuil de 5 % : 0, 1, 3, 5 et 15 minutes.

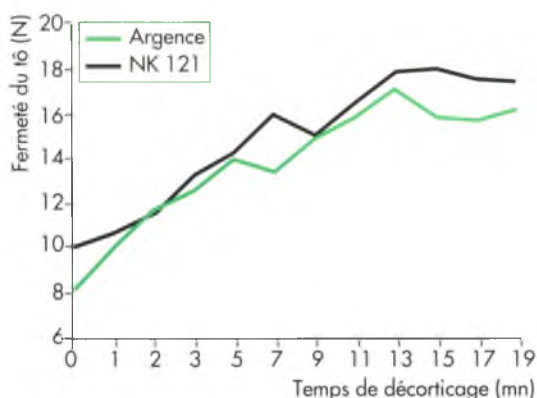


Figure 4. Effet sur la fermeté du tô, du temps de décortiquage des grains de deux variétés françaises de sorgho.



Préparation du tô : ajout de farine sèche à la bouillie légère. Cliché G. Fliedel

Lorsqu'on décortique les vingt variétés à ces cinq temps, on obtient une corrélation négative hautement significative (coefficient de corrélation  $r = -0,74^{**}$ ) entre le rendement au décortiquage et la fermeté du tô (figure 5). Toutefois, il existe une grande variabilité entre les variétés. Par exemple, la farine de grains entiers (non décortiqués) donne un tô de texture allant de moins de 5 newtons jusqu'à 14 newtons environ. Mais il est intéressant de noter que, pour un rendement au décortiquage inférieur à 75 %, le tô n'est jamais de mauvaise qualité (force à la rupture supérieure à 12 newtons), quelle que soit la variété.

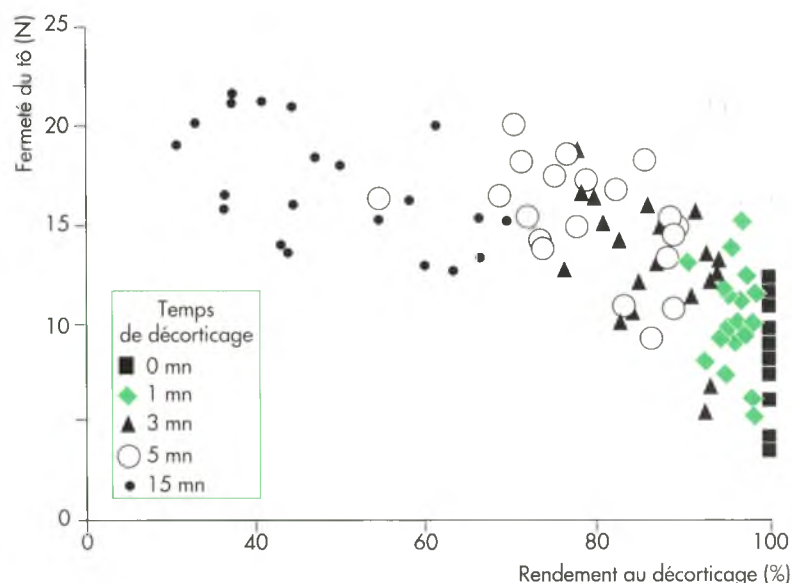


Figure 5. Relation entre la fermeté du tô et le rendement au décortiquage des grains de 20 cultivars tropicaux de sorgho, décortiqués à 5 temps différents.



Une explication : modification de la composition des grains

Au fur et à mesure de l'abrasion, les couches périphériques du grain sont éliminées et la composition des grains décortiqués change. La fermeté du tô montre une corrélation négative avec la teneur en matières minérales de la farine ( $r = -0,80^{**}$ ), la teneur en lipides de la farine ( $r = -0,64^{**}$ ), la teneur en fibres ( $r = -0,74^{**}$ ) et même en protéines ( $r = -0,60^{**}$ ). En revanche, la corrélation est positive avec la teneur en amidon ( $r = +0,74^{**}$ ). Ici, la teneur en protéines est le reflet du décortiquage du grain : plus le grain est décortiqué, plus sa teneur en protéines diminue, alors que la teneur en amidon augmente par rapport à la matière sèche.

Lorsque le décortiquage est suffisant, c'est-à-dire lorsque les couches périphériques et le germe ont été relativement bien éliminés, le tô n'est jamais de mauvaise qualité. En effet, une force à la rupture supérieure à 12 newtons a été obtenue pour une teneur en matières minérales de la farine inférieure à 1 % (figure 6), ou pour une teneur en lipides inférieure à 2 % (figure 7), quelle que soit la variété.

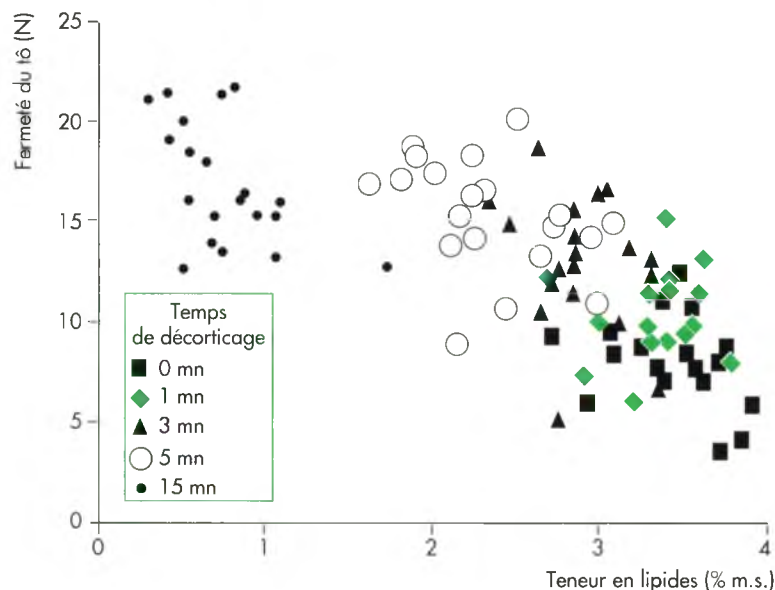


Figure 7. Relation entre la fermeté du tô et la teneur en lipides des farines de 20 cultivars tropicaux de sorgho, décortiqués à 5 temps différents.

## La granulométrie de la farine

Plusieurs variétés de sorgho ont été décortiquées au même rendement d'environ 75-80 %, puis broyées avec neuf types de broyeur afin d'obtenir des farines de finesse différente mais de composition biochimique identique. Selon le broyeur utilisé, la granulométrie moyenne des farines va de moins de 75  $\mu$ m (broyeur Cyclotec ou Alpine) jusqu'à plus de 900  $\mu$ m (broyeur KT30).

### Un bon tô pour les farines fines

Selon la granulométrie de la farine, pour une même variété, les tô peuvent être de très bonne ou de très mauvaise qualité. Les farines très fines (de granulométrie moyenne inférieure à 150  $\mu$ m) ont donné un tô acceptable ou bon (force à la rupture supérieure à 12 newtons), contrairement aux farines grossières.

### L'amidon en cause

L'amidon se présente sous la forme de granules dans l'albumen du grain. Au cours du broyage, les granules peuvent être cassés (endommagés), surtout par un broyage fin (meules de broyeur très serrées par exemple).

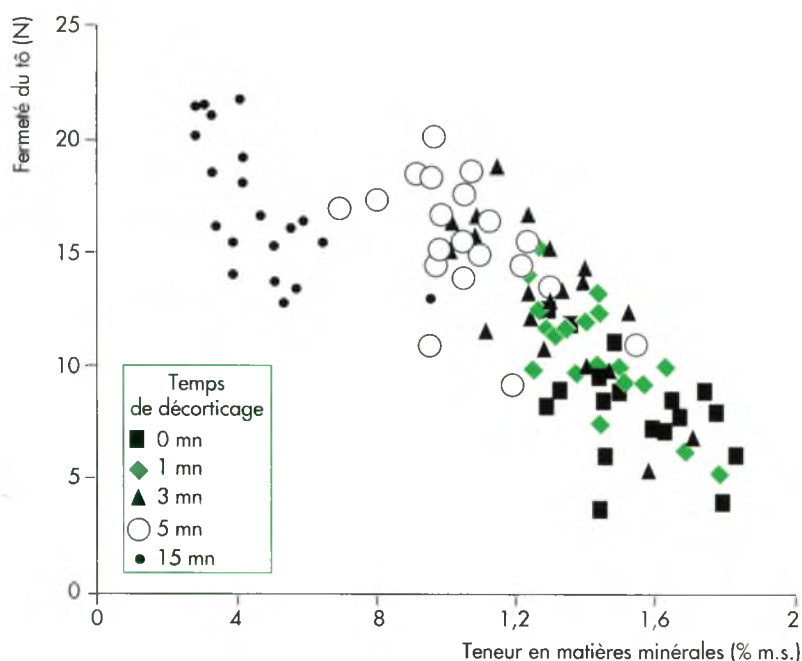


Figure 6. Relation entre la fermeté du tô et la teneur minérale des farines de 20 cultivars tropicaux de sorgho, décortiqués à 5 temps différents.

Le taux d'amidon endommagé a été évalué sur les produits de mouture les plus fins (broyeurs Cyclotec 0,5 mm, Cyclotec 1 mm, Alpine, Miag, Samap). Il est lié selon une corrélation négative et significative avec la granulométrie de ces farines ( $r = -0,69^{**}$ ) : les farines très fines contiennent des taux d'amidon endommagé beaucoup plus élevés que les farines grossières.

La qualité du tô est effectivement liée positivement avec l'endommagement de l'amidon des farines ( $r = +0,49^{**}$ ). Ainsi, on observe que les farines ayant un taux d'amidon endommagé élevé ont donné en général un tô ferme par rapport aux farines contenant des particules grossières et un faible taux d'amidon endommagé.

Cet effet physique semble plus important pour les variétés donnant naturellement un bon tô (figure 8). Par exemple, le coefficient de régression entre la fermeté du tô et la proportion d'amidon endommagé est six fois plus élevé pour la variété IS 15255 (appartenant au groupe des variétés de bonne qualité), par rapport à IS 24761, (appartenant au groupe des variétés de mauvaise qualité).

## L'influence des caractéristiques physico-chimiques des grains

Dix-huit cultivars en provenance du Mali et du Burkina ont été analysés. La fermeté de leurs tô varie de 9,5 à 22,4 newtons avec une moyenne de 14,2 newtons, ce qui correspond globalement à un tô de bonne qualité.

### Pas d'effet de la vitrosité, de la dureté et de la teneur en protéines

Malgré une grande variabilité de l'indice de vitrosité et de l'indice de dureté PSI, qui s'étendent respectivement de 1,7 (grain vitreux) à 4,9 (grain farineux) et de 12,1 (grain dur) à 28,4 (grain tendre), aucune corrélation significative n'apparaît entre ces caractères physiques du grain et la texture du tô. Tout au plus, peut-on observer qu'un grain

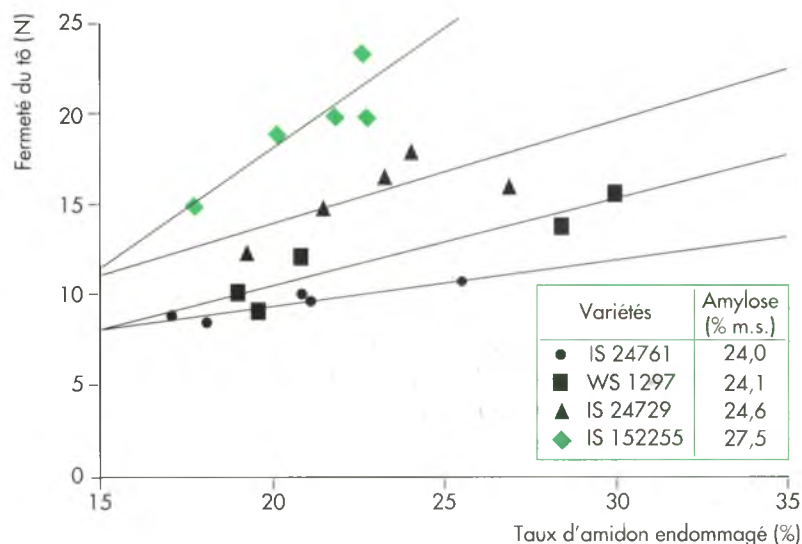


Figure 8. Influence sur la fermeté du tô, du taux d'amidon endommagé de farines obtenues à partir de 4 cultivars de sorgho.

vitreux est généralement dur et un grain farineux généralement tendre.

De même, les teneurs de la farine en protéines totales et en fractions protéiques n'ont pas été reliées significativement à la consistance du tô, malgré, là encore, une large gamme de valeurs obtenue pour chacune de ces composantes chimiques. Dans ce cas en effet, les grains ont été décortiqués à rendement constant : la teneur en protéines est donc celle de l'albumen. Or ces protéines n'ont pas un rôle prioritaire sur la qualité par rapport à celui de l'amidon.



Préparation du tô :  
nettoyage du sorgho  
et transfert dans  
le pilon.  
Cliché G. Fliedel



## Les analyses de la qualité du sorgho pour la fabrication du tô

Ces analyses de laboratoire sont conduites spécifiquement sur les grains entiers puis sur les farines. Certaines d'entre elles sont néanmoins communes aux deux produits.

### Sur grains entiers

Avant toute analyse, les grains sont nettoyés (élimination des poussières, glumes, grains brisés) puis conditionnés à une humidité de 11-12 %, pour laquelle la dureté varie très peu avec la teneur en eau du grain.

**L'indice de vitrosité** est déterminé par estimation visuelle des proportions d'albumen vitreux et farineux de 20 grains sectionnés longitudinalement en leur milieu. Une note de 1 à 5 est attribuée à chaque grain, à 0,25 point près ; la note 1 correspond à un albumen totalement vitreux et la note 5 à un albumen totalement farineux.

**L'indice de dureté PSI (Particle Size Index)** est déterminé après broyage de 20 grammes de grains dans un broyeur à aiguilles type Falling Number KT 30 (tête de broyage semoule grossière, réglage 4) et tamisage du broyat pendant 1 minute au travers d'un tamis de 250 micromètres d'ouverture de maille (tamiseur à courant d'air Alpine type 200 LS). L'indice PSI est le pourcentage de broyat passant à travers le tamis. Plus il est faible, plus le grain est dur.

**Le rendement au décortiquage** est obtenu après décortiquage des grains pendant 5 minutes au TADD (Tangential Abrasive Dehullinger Device). Ce décortiqueur de laboratoire est constitué d'un disque abrasif en carborundum tournant horizontalement sous une plaque en acier de 8 coupelles. Chaque coupelle est remplie avec 30 grammes de grains et 8 variétés différentes peuvent être traitées en même temps. Le rendement au décortiquage est le pourcentage de la masse des grains décortiqués par rapport aux grains entiers pesés au départ (30 grammes).

### Sur farines

Les farines sont préparées par broyage, au broyeur à hélices Cyclotec, des grains décortiqués au rendement constant de 75-80 %.

**La granulométrie moyenne** est déterminée par tamisages successifs, depuis le tamis d'ouverture de maille 75 µm,

jusqu'au tamis de 2 000 µm selon les farines, soit 16 tamis (75, 100, 125, 150, 180, 200, 250, 315, 400, 450, 710, 800, 900, 1 000, 1 400 et 2 000 µm). Le tamisage est réalisé à partir de 50 grammes de farine d'humidité constante et peu élevée (environ 10-11 %), au moyen du tamiseur à courant d'air Alpine pendant 5 minutes. On mesure le pourcentage de farine ne passant pas au travers de chaque tamis. La granulométrie moyenne G 50 correspond à la maille du tamis retenant 50 % de la farine.

**La teneur en amidon** est déterminée à partir d'une méthode enzymatique et colorimétrique. L'amidon est tout d'abord gélatinisé entre 80 et 90 °C puis il subit une dextrinisation par une amylase thermostable, la thermamyl. Sous l'action de l'amylo-glucosidase à 55 °C, les dextrines sont hydrolysées en glucose qui est dosé par spectrophotométrie, après réaction avec un système enzymatique oxydo-réducteur enzyme-colorant (glucose-oxydase, péeroxydase, ABTS). On détermine, à partir d'une gamme étalon, la concentration en glucose de l'échantillon, puis sa teneur en amidon en multipliant par le facteur de conversion 0,9.

**La teneur en amylose** est évaluée selon une méthode colorimétrique de la norme ISO 6647. La farine est au préalable délipidée avec du méthanol à 85 % et rebroyée, puis solubilisée dans un mélange d'éthanol 95 % et de soude normale. La coloration de l'amylose est développée en présence d'une solution d'iode moléculaire et d'ions iodure (iodure de potassium). La densité optique de chaque échantillon est mesurée avec un spectrophotomètre à 620 nanomètres et comparée à celle d'une gamme étalon préparée à partir de différents mélanges d'amylose et d'amylopectine de référence.

**La capacité de gonflement et de solubilité de l'amidon** est mesurée de la façon suivante : un mélange farine-eau (1 gramme pour 25 millilitres) est agité dans un bain-marie à 85 °C pendant une heure. Après centrifugation, le pourcentage d'amidon soluble dans l'eau est obtenu après dessiccation du surnageant, et la quantité d'eau absorbée par l'amidon de la farine, soit le gonflement (en grammes d'eau pour 100 grammes de matière sèche) est déterminée après dessiccation du culot.

**La température de gélatinisation de l'amidon** est déterminée par une analyse enthalpique différentielle qui permet de mesurer les variations d'énergie nécessaires pour chauffer un échantillon à vitesse constante. La farine est placée dans une capsule étanche avec une certaine quantité d'eau et le mélange est soumis à une cinétique de chauffage linéaire.

**L'extraction et le dosage des quatre fractions protéiques** sont effectués séquentiellement par différents solvants :

- les albumines et globulines par une solution saline (NaCl 0,5 M) ;
- les prolamines ou kafirines par une solution de ter-butanol à 60 % ;
- les prolamines (ou kafirines) réduites par une solution de ter-butanol à 60 % contenant 0,1 M de 2-mercaptoéthanol ;
- les glutélines par une solution de tampon borate pH 10 contenant 0,6 % de 2-mercaptoéthanol et 0,5 % de sodium dodécylsulfate.

Le dosage des protéines dans les surnageants est réalisé suivant la méthode employée pour les protéines totales (décrite ci-après).

### Analyses chimiques sur grains entiers et sur farines

**La teneur en eau** (l'humidité) est déterminée selon la norme NF V03.707, à partir de 5 grammes d'échantillon, par pesée différentielle après passage à l'étuve à 130 °C pendant 2 heures.

**La teneur en matières minérales** est déterminée selon la norme NF V03.702, à partir de 5 grammes de farine, par pesée différentielle après calcination à 900 °C pendant 3 heures.

**Pour la teneur en lipides**, il s'agit d'une méthode d'extraction de type Soxhlet qui utilise le distillateur Tecator Soxtec type HT. L'extraction des lipides se fait à 100 °C par trempage, puis rinçage de l'échantillon à l'éther diéthylique. La teneur en lipides éthersolubles (ou lipides libres) est déterminée, après dessiccation, par pesée des lipides extraits.

**La teneur en protéines totales** (% N x 6,25) est dosée après minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (99,5 % de sulfate de potassium + 0,5 % de sélénium), par la méthode Kjeldahl avec un appareil Tecator automatique Kjeltac.



## Le rôle des caractéristiques de l'amidon

En revanche, les caractéristiques de l'amidon sont hautement et significativement corrélées à la texture du tô, en particulier la teneur en amylose de l'amidon ( $r = + 0,81^{**}$ ) et la solubilité de l'amidon à 85 °C, température de cuisson du tô ( $r = + 0,86^{**}$ ). Un tô est donc d'autant plus ferme que la teneur en amylose est plus élevée et que les macromolécules de l'amidon se solubilisent mieux à 85 °C (tableau 2).

Des régressions linéaires multiples progressives ont permis de préciser que 79 % de la fermeté du tô pouvaient être expliqués positivement par le taux de solubilité des macromolécules de l'amidon dans l'eau à 85 °C et négativement par le pouvoir de gonflement des granules d'amidon. Si les variables solubilité et gonflement ne sont pas introduites, la fermeté du tô est expliquée à 65 % par la teneur en amylose de l'amidon.

La texture du tô, au même titre que la consistance d'un gel mixte d'amidon, dépendrait non seulement de la viscosité de la phase liquide — qui augmente avec la quantité de macromolécules solubilisées, en particulier l'amylose — mais aussi de la fermeté de la phase solide — qui augmente si les granules d'amidon sont peu gonflés.

Tableau 2. Relations entre les caractéristiques de l'amidon des farines de 18 cultivars de sorgho d'Afrique de l'Ouest et la texture du tô.

Caractéristiques	Minimum	Maximum	Moyenne	Coefficient de corrélation
Amidon (% de matière sèche)	68,5	79,7	76,6	0,27
Amylose (% de l'amidon)	19,6	29,3	24,7	0,81**
Température de gélatinisation (°C)	72,3	74,5	73,3	- 0,23
Solubilité de l'amidon (% de matière sèche)	12,2	23,9	16,2	0,86**
Gonflement de l'amidon (grammes d'eau % de matière sèche)	8,8	11,8	9,7	0,23
Fermeté du tô (newtons)	9,5	22,4	14,2	1

\*\* : hautement significatif à 10 %.

Les variétés à teneur élevée en amylose (supérieure à 25 % de l'amidon) donnent en général un bon tô. Elles sont le plus souvent vitreuses ou à tendance vitreuse. Par ailleurs, les variétés dont l'amidon a un taux de solubilité dans l'eau élevé (supérieur à 18 % de matière sèche à 85 °C), donnent également un bon tô.

La solubilité de l'amidon augmente avec l'endommagement de l'amidon, par exemple au cours d'un broyage très fin, mais dépend également de la variété. Il existe en effet une corrélation positive entre la teneur en amylose et le taux de solubilité de l'amidon à 85 °C ( $r = + 0,84^{**}$ ). L'amidon des variétés de sorgho riches en amylose se solubiliserait davantage au cours de la cuisson du tô.

## Conclusion

La méthode de laboratoire de préparation du tô et d'évaluation de sa texture décrite ici est précise et répétable. Elle a, en outre, l'avantage de ne nécessiter que de petites quantités de grains. Les sélectionneurs peuvent l'appliquer pour juger de la qualité des variétés en cours de sélection. Elle montre clairement que l'obtention d'un tô de bonne qualité dépend de la technologie utilisée pour sa préparation et de la variété de sorgho.

Le décortiquage des grains est également une opération très importante. L'élimination des parties périphériques des grains est nécessaire pour obtenir des tô de qualité correcte. Il faut sélectionner les variétés qui présentent une bonne aptitude au décortiquage, dont les grains ne sont pas trop tendres, pas trop farineux et qui ne se brisent pas lors du décortiquage mécanique ou manuel.

L'opération de broyage des grains décortiqués est également un facteur de qualité. La fermeté du tô est liée à la quantité d'amidon endommagé, plus élevée dans les produits fins que dans les produits grossiers, qui favoriserait le passage en solution des macromolécules de l'amidon au cours de la cuisson. Les variétés riches en amylose (teneur supérieure à 25 % par rapport à l'amidon) et dont l'amidon se solubilise facilement à 85 °C donnent le meilleur tô. Mais pour une même solubilité de l'amidon, le tô est d'autant plus ferme que les granules d'amidon absorbent moins d'eau.

## Bibliographie

FLIEDEL G., FLACHER K., MESTRES C., 1991. Physico-chemical characteristics of sorghum grains and tô quality. International Cereal Chemist Congress, Prague, Czechoslovakia, June 10-13, poster. Montpellier, France, CIRAD-CA.

FLIEDEL G., GRENET C., GONTARD N., PONS B., 1989. Dureté, caractéristiques physico-chimiques et aptitude au décortiquage des grains de sorgho. In Comptes rendus du Colloque international de technologie, céréales en régions chaudes : conservation et transformation, Centre universitaire de N'Gaoundéré, Cameroun, p. 187-201, Paris, France, AUPELF-UREF, Eds. John Libbey Eurotext.

FLIEDEL G., PEREZ E., 1989. Sorghum tô texture and its relationships with some physicochemical characteristics of grain and flour. AACC 74th Annual Meeting, Washington DC, USA, October 29-November 2, 1989, Montpellier, France, CIRAD-CA.

FLIEDEL G., YAJID M., 1992. Effect of milling on sorghum tô quality. In proceedings of the 9th International Cereal and Bread Congress, 5th quadrennial symposium on sorghum and millet, Paris, France, June 1-5, 1992, p. 73-86. Association internationale des sciences et technologies céréalières, Paris, France.



Préparation du tô : avant de servir, on prélève de la bouillie dans une petite calebasse.

Cliché G. Fliedel

## Résumé... Abstract... Resumen

### G. FLIEDEL — Evaluation de la qualité du sorgho pour la fabrication du tô.

Le tô est une bouillie traditionnelle préparée quotidiennement en Afrique de l'Ouest à partir d'une farine de sorgho, de mil ou de maïs. Cette bouillie doit être ferme pour être appréciée. L'obtention d'un tô de bonne qualité dépend de la technologie employée pour sa préparation (décortiquage et broyage des grains) et des caractéristiques physico-chimiques des grains. Une méthode de laboratoire de préparation du tô de sorgho et d'évaluation de sa fermeté est disponible pour les sélectionneurs afin de prédire la qualité technologique et culinaire des variétés en cours de sélection. Le décortiquage des grains joue un rôle important et nécessite d'éliminer au maximum les couches périphériques du grain. De même, le broyage des grains décortiqués doit donner des farines fines pour obtenir un tô de bonne fermeté. Une forte corrélation positive a été mise en évidence entre la fermeté du tô et la teneur en amylose des farines, ainsi que la solubilité de l'amidon à 85 °C. La teneur en amylose varie en fonction des variétés de sorgho. Pour l'amélioration variétale du sorgho, il apparaît opportun de déterminer l'aptitude au décortiquage des grains d'une part, puis leur teneur en amylose-amidon d'autre part, afin d'évaluer la capacité à la fabrication d'un tô de bonne fermeté. En revanche, les caractéristiques telles que la vitrosité et la dureté du grain ne sont pas déterminantes.

Mots-clés : sorgho, farine, bouillie, technologie, qualité culinaire, variété, amidon, analyse de laboratoire, Afrique de l'Ouest.

### G. FLIEDEL — Appraisal of sorghum quality for making tô.

Tô is a traditional porridge prepared daily in West Africa from sorghum, millet or maize flour. The porridge must be firm to be appreciated. Good quality tô depends on the technology used in flour preparation (husking and milling) and the physico-chemical characteristics of the grain. A laboratory method for the preparation of sorghum porridge and appraisal of its firmness is available for breeders for the prediction of the technological and culinary quality of the varieties being bred. Husking plays an important role because much of the outer layers of the grains as possible should be removed. Likewise, the husked grain should be milled to fine flour for making firm tô. A strong positive correlation was found between firmness and the amylose content of flours and starch solubility at 85°C. The amylose content varies according to the sorghum variety. It would seem opportune in varietal improvement of sorghum to determine husking suitability of the grain on the one hand and its amylose-starch content on the other to assess suitability for making firm tô. In contrast, characteristics such as grain vitrescence and hardness are not determinant.

Keywords: sorghum, flour, porridge, technology, culinary quality, variety, starch, laboratory analysis, West Africa.

### G. FLIEDEL — Evaluación de la calidad del sorgho para la fabricación del tô.

El tô es una papilla tradicional preparada a diario en África occidental a partir de una harina de sorgho, mijo o maíz. Para ser apreciada, esta papilla debe ser firme. La obtención de un tô de buena calidad depende de la tecnología empleada para su preparación (descascarillado y molienda de los granos) y de las características físico-químicas de los granos. Un método de laboratorio de preparación del tô de sorgho y de evaluación de su firmeza se encuentra disponible para los seleccionadores con el fin de prever la calidad tecnológica y culinaria de las variedades que se estén seleccionando. El descascarillado de los granos desempeña un papel importante y requiere eliminar al máximo las capas periféricas del grano. Asimismo, la molienda de los granos descascarillados debe dar harinas finas para obtener un tô de firmeza correcta. Se ha puesto de relieve una fuerte correlación entre la firmeza del tô y el contenido de amilosa de las harinas, así como la solubilidad del almidón a 85°C. El contenido de amilosa varía en función de las variedades de sorgho. Para la mejora varietal del sorgho, parece indicado determinar la aptitud al descascarillado de los granos y, por otro lado, su contenido de amilosa-almidón con objeto de evaluar la capacidad de fabricación de un tô de buena firmeza. En cambio, las características como la vidriosidad y la dureza del grano no son determinantes.

Palabras clave: sorgho, harina, papilla, tecnología, calidad culinaria, variedad, almidón, análisis de laboratorio, África occidental.